

# KEANEKARAGAMAN MAKROFAUNA TANAH PADA BERBAGAI TIPE TEGAKAN DI AREAL BEKAS TAMBANG SILIKA DI *HOLCIM EDUCATIONAL FOREST*, SUKABUMI, JAWA BARAT

*Soil Macrofauna Diversity on Various Types of Stands in Silicas' Post-Mining Land in Holcim Educational Forest, Sukabumi, West Java*

**Cahyo Wibowo dan Syamsudin Ahmad Slamet**

Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

## ABSTRACT

*Soil Macrofauna has a very important role in maintaining soil fertility through the decomposition of organic matter, nutrient distribution, increasing soil aeration and so on. The existence of soil macrofauna are very important in helping the process of rehabilitation of post-mining land because they contribute to the improvement of the physical, chemical, and biological properties of soil. The purposes of this study are to identify and quantify the diversity of soil macrofauna in various types of stands and land without stand in Holcim Educational Forest. The highest abundance of soil macrofauna was found in mixed stand with 240 individuals in nine plots of observation, each plot was 40 cm x 40 cm. Layers of soil (0-10 cm) has an abundance of soil macrofauna higher than in the litter layer, because soil layer can provide protection from direct sunlight and enough food for soil macrofauna. Mixed stand has the highest soil macrofauna diversity ( $H' = 2.52$ ,  $DMG = 6.93$ ,  $J' = 0.63$ ), as it has a more diverse vegetation and highest canopy density. Environmental conditions such as soil temperature, canopy density, and soil organic matter can influence the composition and abundance of soil macrofauna, so that the soil macrofauna can be used as an indicator in monitoring environmental quality. Soil macrofauna that dominates in all the stands and land without stand, were red ants (*Formicidae* 7), termites (*Rhinotermitidae* 1), earthworms (*Megascolecidae* 1), and larvae of *Coleoptera* (*Scarabaeidae* 1).*

*Key words: abundance, diversity, environment, soil macrofauna*

## PENDAHULUAN

Makrofauna tanah mempunyai peran yang sangat penting dalam suatu habitat. Salah satu peran makrofauna tanah adalah menjaga kesuburan tanah melalui perombakan bahan organik, distribusi hara, peningkatan aerasi tanah dan sebagainya. Menurut Rousseau *et al.* (2013), makrofauna tanah merupakan indikator yang paling sensitif terhadap perubahan dalam penggunaan lahan, sehingga dapat digunakan untuk menduga kualitas lahan. Dalam menjalankan aktivitas hidupnya, makrofauna tanah memerlukan persyaratan tertentu. Kondisi lingkungan merupakan faktor utama yang menentukan kelangsungan hidupnya, yaitu: iklim (curah hujan, suhu), tanah (kemasaman, kelembaban, suhu tanah, hara), dan vegetasi (hutan, padang rumput) serta cahaya matahari (Hakim *et al.* 1986 dalam Sugiyarto *et al.* 2007). Menurut Notohadiprawiro (1998) dalam Sugiyarto *et al.* (2007), makrofauna tanah lebih banyak ditemukan pada daerah dengan keadaan lembab dan kondisi tanah yang memiliki tingkat kemasaman lemah sampai netral. Oleh karena itu, keberadaan makrofauna tanah dapat menjadi penduga kualitas lingkungan, terutama kondisi tanah.

*Holcim Educational Forest* (HEF) merupakan hutan yang dibangun pada lahan bekas tambang silika PT. Holcim. Keberadaan dan populasi makrofauna tanah

sangat penting dalam membantu proses rehabilitasi lahan pasca tambang karena mereka berperan dalam perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang terjadi dalam proses imobilisasi dan humifikasi. Akan tetapi, pihak pengelola HEF belum memiliki informasi yang memadai mengenai makrofauna tanah. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman hayati makrofauna tanah, serta dapat memberi informasi pada pihak pengelola HEF tentang data makrofauna tanah sebagai salah satu penduga kualitas tanah pada areal bekas tambang di lokasi tersebut.

## METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lahan bekas tambang silika PT. HOLCIM di *Holcim Educational Forest* (HEF), Sukabumi, Jawa Barat. Penelitian ini terdiri dari pengambilan data di lapangan dan identifikasi makrofauna tanah. Pengambilan sampel makrofauna tanah dilakukan pada bulan Januari - Februari 2015. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga tipe tegakan yaitu tegakan pinus; tegakan karet; tegakan campuran antara kaliandra, puspa, gmelina, karet; dan satu lahan

tanpa tegakan. Identifikasi makrofauna tanah dilakukan pada bulan Februari - Maret 2015 di Laboratorium Entomologi Hutan Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB, serta analisis tanah dilakukan di Laboratorium Pengaruh Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain meteran, bak plastik berukuran, penggaris, tabung sampel, termometer tanah, kantung plastik, kertas label, cawan petri, timbangan, pinset, cangkul, tali rafia, sarung tangan, *GPS (Global Positioning System)*, kamera, mikroskop stereo, *tally sheet*, patok kayu, laptop dan densiometer.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tegakan pinus, tegakan karet, tegakan campuran antara kaliandra, puspa, gmelina, karet, dan lahan tanpa tegakan, tanah komposit (serasah, tanah) dari tegakan dan lahan tanpa tegakan tersebut, dan alkohol 70%.

### Prosedur

Plot pengamatan dibuat pada tiga tipe tegakan dan satu lahan tanpa tegakan. Plot pengamatan yang dibuat berjumlah sembilan plot pada masing-masing tipe tegakan dan lahan tanpa tegakan, sehingga total plot pengamatan berjumlah 36 plot. Plot pengamatan memiliki ukuran 40 cm x 40 cm yang ditempatkan berdasarkan pengamatan visual dengan mengutamakan tempat yang memiliki ketebalan serasah paling tebal dan/atau memiliki tutupan tumbuhan bawah paling banyak.

Pada prosedur pengambilan sampel makrofauna tanah terlebih dahulu seluruh serasah di dalam plot pengamatan diangkat dan dipindahkan secara cepat ke dalam *trash bag* bening. Selanjutnya, lapisan tanah permukaan (0-10 cm) pada plot digali dengan cepat lalu dipindahkan kedalam *trash bag* bening yang lain. Kemudian, *trash bag* bening dari masing-masing plot pengamatan diberi keterangan tempat ditemukannya (tanah/serasah), nomor plot, dan lokasi pengambilan plot.

Faktor lingkungan makrofauna tanah yang diukur adalah kerapatan tajuk dan suhu tanah pada masing-masing plot. Cara mengukur suhu tanah dilakukan dengan menggunakan *thermometer* tanah yang dilakukan sebanyak tiga kali ulangan tiap lima menit. Pengukuran kerapatan tajuk dilakukan dengan menggunakan densiometer dengan cara membawa densiometer ke titik pusat plot sampel, lalu mengarahkan densiometer tersebut ke empat arah mata angin (utara, selatan, barat, dan timur).

Identifikasi spesies makrofauna tanah yang terkumpul dilakukan dengan memanfaatkan informasi dari spesimen, foto, dan gambar spesimen. Kemudian, makrofauna tanah yang tertangkap dari serasah dan bahan tanah diidentifikasi sampai tingkat famili. Buku yang digunakan untuk proses identifikasi makrofauna tanah adalah buku *Keys to The Terrestrial Invertebrates* (Mohamed 1999) dan *Pengenalan Pelajaran Serangga* Edisi Ke-6 (Borror *et al.* 1996).

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada setiap plot pengamatan yang berjumlah 36 plot. Ukuran tiap plot pengamatan adalah 40 cm x 40 cm dengan kedalaman tanah yang diambil adalah 10 cm. Tanah diambil menggunakan cangkul setelah terlebih dahulu dibersihkan permukaannya dari serasah dan/atau tumbuhan bawah. Jumlah tanah yang diambil untuk setiap plot seberat 1 kg. Sampel tanah yang diambil kemudian dibawa untuk selanjutnya dianalisis dalam hal tekstur tanah, warna tanah, dan kandungan bahan organik tanah (BOT).

Metode yang digunakan untuk analisis tekstur tanah adalah metode *finger assessment*. Kemudian, analisis warna tanah dilakukan dengan mencocokkan sampel tanah dengan buku *Munsell Soil Color Chart*. Sampel tanah yang memiliki tekstur dan warna yang sama di dalam satu tegakan, dikompositkan untuk dianalisis dalam hal kandungan bahan organik tanah (BOT). Analisis kandungan bahan organik tanah (BOT) dilakukan di Laboratorium Pengaruh Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.

### Pengolahan Data

#### Kelimpahan

Kelimpahan merupakan gambaran dari banyaknya jumlah individu yang menempati suatu lokasi tertentu. Oleh karena itu, nilai kelimpahan makrofauna tanah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mengacu pada jumlah individu suatu spesies yang ditemukan pada suatu lokasi tertentu.

#### Frekuensi ditemukannya makrofauna tanah

Frekuensi menunjukkan tingkat keseringan makrofauna tanah tertentu yang ditemukan pada suatu lokasi tertentu. Frekuensi ditemukannya makrofauna tanah dapat ditunjukkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F = \frac{\text{Jumlah plot ditemukan suatu spesies}}{\text{Jumlah seluruh plot penelitian}}$$

#### Nilai Kekayaan Jenis Margalef (*Richness Index*)

Nilai kekayaan jenis yang digunakan adalah indeks kekayaan jenis *Margalef* dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$DMg = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

Keterangan :

DMg = indeks Kekayaan Spesies *Margalef*  
S = jumlah spesies yang ditemukan  
N = jumlah individu seluruh spesies

#### Indeks Keanekaragaman Spesies (*H'*)

Indeks yang digunakan adalah Indeks keanekaragaman *Shanon-Wiener*, dengan rumus sebagai berikut :

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan :

H' = indeks keanekaragaman spesies *Shanon-Wiener*  
n<sub>i</sub> = jumlah individu spesies ke-1  
N = jumlah individu seluruh spesies

### Indeks Kemerataan Spesies (J)

Indeks kemerataan spesies dinyatakan dengan rumus:

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan :

J' = Indeks kemerataan Pielou

H' = Indeks keanekaragaman spesies

S = jumlah spesies

### Nilai Kesamaan Komunitas (Similarity Index)

Nilai kesamaan komunitas (*Similarity Index*) antara tipe tegakan diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$CJ = \frac{J}{(a+b-J)}$$

Keterangan :

CJ = Indeks kesamaan Jaccard

J = jumlah spesies yang ditemukan pada habitat a dan b

a = jumlah spesies yang ditemukan pada habitat a

b = jumlah spesies yang ditemukan pada habitat b

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi dan Kelimpahan Makrofauna Tanah

Hasil identifikasi makrofauna tanah secara keseluruhan, terdiri dari 15 ordo, 32 famili, dan 56 morfospesies yang memiliki total kelimpahan sebanyak 635 dalam 36 plot pengamatan. Kelimpahan makrofauna tanah yang tertangkap dengan *hand sorting method* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kelimpahan fauna tanah di seluruh tegakan dan di lahan tanpa tegakan

Kategori	C <sup>1)</sup>	P <sup>1)</sup>	K <sup>1)</sup>	T <sup>1)</sup>
Total Individu	240	203	190	2
Morfospesies	39	26	24	1
Famili	25	17	16	1
Ordo	14	9	12	1

C = tegakan campuran (kaliandra, puspa, gmelina, karet), P = tegakan pinus, K = tegakan karet, T = lahan tanpa tegakan, <sup>1)</sup> = gabungan makrofauna tanah yang ditemukan di tanah dan serasah.

Tabel 1 menunjukkan bahwa tegakan campuran memiliki kelimpahan tertinggi sebesar 240 individu dalam sembilan plot pengamatan, pada tegakan pinus terdapat 203 individu, pada tegakan karet terdapat 190 individu, dan pada lahan tanpa tegakan terdapat 2 individu. Perbedaan total individu yang sangat jauh antara lahan tanpa tegakan dengan tegakan lainnya diduga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang beragam. Menurut Sugiyarto *et al.* (2007), jumlah individu makrofauna tanah akan semakin banyak dengan semakin bertambahnya bahan organik tanaman

karena dapat memberi perlindungan makrofauna tanah dari tekanan kondisi lingkungan, seperti tingginya suhu, serta dapat melindungi dari serangan predator. Jenis tanaman yang lebih beragam pada tegakan campuran memberikan kondisi lingkungan yang lebih nyaman bagi kehidupan makrofauna tanah dengan menyediakan makan yang lebih banyak bagi kehidupannya. Intensitas cahaya juga berpengaruh terhadap kehadiran makrofauna tanah, semakin tinggi intensitas cahaya yang masuk maka populasi makrofauna tanah cenderung menurun (Sugiyarto *et al.* 2007). Kelimpahan makrofauna tanah yang sangat sedikit pada lahan tanpa tegakan disebabkan oleh tidak adanya vegetasi yang berperan dalam menghalangi cahaya langsung masuk menuju permukaan tanah, sehingga intensitas cahaya yang diterima lebih tinggi.

Menurut Solihin (2000), penyebaran makrofauna tanah dikelompokkan menjadi dua kelompok utama, yaitu penyebaran di permukaan tanah/serasah dan penyebaran di dalam tanah. Tabel 2 menunjukkan bahwa penyebaran makrofauna tanah lebih banyak ditemukan di dalam lapisan tanah (0-10 cm) daripada lapisan serasah. Ordo *Formicidae* (semut), menurut Khairuman dan Amri (2009), cacing tanah memerlukan tempat tinggal yang lembab untuk mempertahankan cadangan air dalam tubuhnya. Lapisan tanah (0-10 cm) diduga memiliki kelembaban yang lebih cocok bagi kehidupan cacing. Di lain pihak, aktivitas makrofauna tanah terhambat oleh cahaya matahari yang berlebih terutama sinar ultraviolet (Buliyansih 2005). Lapisan tanah (0-10 cm) yang tidak terkena cahaya matahari langsung, diduga menjadi penyebab banyak ditemukannya rayap dan semut.

Tabel 2 Kelimpahan makrofauna tanah yang ditemukan pada tanah maupun serasah

Kategori	Tanah <sup>1)</sup>	Serasah <sup>1)</sup>
Total Individu	478	157
Morfospesies	44	30
Famili	30	22
Ordo	15	11

<sup>1)</sup> = gabungan makrofauna tanah yang ditemukan pada tegakan campuran (kaliandra, puspa, gmelina, karet), pinus, karet, dan lahan tanpa tegakan.

### Biodiversitas Makrofauna Tanah

Analisis biodiversitas makrofauna tanah yang dilakukan pada penelitian ini adalah perhitungan indeks keragaman jenis atau *index of diversity* (H'), indeks kekayaan atau *richness* (DMg), dan indeks kemerataan atau *evenness* (J'). Nilai indeks biodiversitas untuk semua tegakan dan lahan tanpa tegakan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3 Biodiversitas makrofauna tanah untuk seluruh tegakan dan lahan tanpa tegakan

Tegakan/ lahan	Jumlah morfospesies (S)	Indeks keragaman (H')	Indeks kekayaan (DMg)	Indeks kemerataan (J')
C <sup>1)</sup>	39	2.52	6.93	0.63
P <sup>1)</sup>	26	2.42	4.71	0.60
K <sup>1)</sup>	24	2.14	4.38	0.53
T <sup>1)</sup>	1	0	0	0

C = tegakan campuran (kaliandra, puspa, gmelina, karet), P = tegakan pinus, K = tegakan karet, T = lahan tanpa tegakan, <sup>1)</sup> = gabungan makrofauna tanah yang ditemukan di tanah dan serasah.

Tabel 4 Biodiversitas makrofauna tanah yang ditemukan di tanah dan serasah

Tegakan/lahan	Jumlah morfospesies (S)	Indeks keragaman (H')	Indeks kekayaan (Dmg)	Indeks pemerataan (J')
Tanah	44	2.47	6.97	0.61
Serasah	30	2.34	5.74	0.58

Hasil perhitungan nilai indeks keanekaragaman yang disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa tegakan campuran memiliki keanekaragaman tertinggi ( $H' = 2.52$ ,  $DMg = 6.93$ ,  $J' = 0.63$ ). Jumlah morfospesies pada tegakan campuran juga merupakan yang tertinggi. Jenis dan komposisi vegetasi diduga mempengaruhi nilai keanekaragaman, keanekaragaman makrofauna tanah cenderung tinggi pada tegakan yang memiliki jenis vegetasi yang beragam. Indeks keanekaragaman terendah dimiliki lahan tanpa tegakan, karena pada lahan tanpa tegakan tidak terdapat vegetasi yang hidup. Kondisi vegetasi yang beragam di tegakan campuran yang terdiri dari jenis kaliandra, puspa, gmelina, dan karet menyebabkan kandungan serasah yang ada lebih beragam, sehingga mempengaruhi variasi makanan yang tersedia untuk kehidupan makrofauna. Menurut Sugiyarto *et al.* (2007), keanekaragaman makrofauna tanah dipengaruhi oleh variasi makanan yang ada di lingkungannya. Tegakan pinus memiliki keanekaragaman jenis yang lebih tinggi daripada tegakan karet. Plot pengamatan pada tegakan pinus lebih kaya akan tumbuhan bawah daripada tegakan karet, hal ini diduga menjadi penyebab nilai keanekaragaman jenis makrofauna tanah di tegakan pinus yang lebih tinggi. Makrofauna tanah terutama insekta tanah menjadikan tumbuhan bawah sebagai sumber makanan mereka.

Nilai indeks pemerataan jenis untuk semua tegakan berkisar antara 0.53 – 0.63, menunjukkan tidak adanya jenis yang dominan karena nilainya mendekati 1. Nilai indeks pemerataan jenis untuk lahan tanpa tegakan adalah 0, yang menunjukkan terdapat jenis yang mendominasi, yaitu *Formicidae* (semut).

Biodiversitas makrofauna tanah pada lapisan tanah (0-10 cm) lebih besar daripada yang ada pada lapisan serasah. Nilai biodiversitas pada lapisan tanah (0-10 cm), yaitu ( $H' = 2.47$ ,  $DMg = 6.97$ ,  $J' = 0.61$ ) dan pada lapisan serasah adalah ( $H' = 2.34$ ,  $DMg = 5.74$ ,  $J' = 0.58$ ). Tersedianya serasah, jasad renik, dan akar tanaman yang masuk ke lapisan tanah (0-10 cm), merupakan faktor yang mempengaruhi nilai biodiversitas jenis makrofauna tanah, karena merupakan sumber makanan bagi makrofauna tanah. Hasil analisis data untuk perhitungan indeks pemerataan ( $J'$ ) menunjukkan bahwa di dalam lapisan tanah (0-10 cm) memiliki nilai  $J'$  sebesar 0.61 dan di lapisan serasah memiliki nilai  $J'$  sebesar 0.58, artinya setiap jenis berdasarkan tempat ditemukannya makrofauna tanah memiliki tingkat penyebaran jenis yang hampir merata karena nilai  $J'$  mendekati 1. Hasil perhitungan nilai indeks keanekaragaman berdasarkan tempat ditemukan-nya (lapisan tanah dan serasah) disajikan pada Tabel 4.

#### Nilai Kesamaan Komunitas

Hasil analisis data untuk indeks kesamaan komunitas antara tegakan campuran, pinus, karet, dan lahan tanpa tegakan disajikan pada Tabel 5. Tingkat

kesamaan komunitas makrofauna tanah antara tegakan campuran, pinus, dan karet memiliki nilai yang rendah, yaitu 0.29-0.33. Tingkat kesamaan antara ketiga tegakan tersebut dikatakan rendah karena memiliki nilai yang mendekati 0. Kondisi lingkungan yang berbeda-beda, diduga merupakan penyebab rendahnya nilai kesamaan komunitas antara ketiga tegakan, sehingga hanya jenis tertentu yang dapat bertahan dan menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan masing-masing.

Tabel 5 Nilai kesamaan antar tegakan berdasarkan tipe tegakan dan lahan tanpa tegakan

Tegakan/lahan	Indeks Kesamaan Komunitas
Campuran vs pinus	0.33
Pinus vs karet	0.39
Karet vs campuran	0.29
Campuran vs lahan tanpa tegakan	0.00
Pinus vs lahan tanpa tegakan	0.00
Karet vs lahan tanpa tegakan	0.00

Berdasarkan hasil perhitungan pula, perbandingan kesamaan komunitas makrofauna tanah di lahan tanpa tegakan dengan semua lahan yang memiliki tegakan memiliki nilai 0. Nilai 0 tersebut menunjukkan bahwa antara lahan yang memiliki tegakan dengan lahan tanpa tegakan tidak memiliki kesamaan. Kondisi vegetasi merupakan faktor utama yang menyebabkan kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah yang berbeda antara lahan tanpa tegakan dengan lahan yang bertegakan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Suin (1997), yang menyatakan bahwa bahan organik tanaman merupakan sumber makanan utama bagi makrofauna tanah, sehingga komposisi dan jenis vegetasi yang tumbuh di suatu lahan akan mempengaruhi kepadatan makrofauna tanah melalui bahan organik tanaman yang dihasilkan.

#### Frekuensi Ditemukannya Makrofauna Tanah pada Tanah dan Serasah

Menurut Suin (1997), frekuensi kehadiran jenis hewan dalam suatu habitat menunjukkan seringnya jenis tersebut ditemukan dalam suatu habitat. Tabel 6 menunjukkan data frekuensi makrofauna tanah yang ditemukan pada lapis tanah (0-10 cm) dan pada lapisan serasah. Frekuensi ditemukannya makrofauna tanah dalam 36 plot pengamatan lebih banyak ditemukan pada lapisan tanah (0-10 cm). Pada lapisan tanah, jenis yang sering ditemukan adalah *Formicidae* 7 (FR = 52.78%), *Scarabaeidae* 1 (FR = 30.56%), dan *Megascolecidae* 1 (FR = 27.78%). Makrofauna tanah khususnya insekta tanah, cenderung tidak suka terhadap sinar matahari langsung, sehingga lapisan tanah diduga memberikan

kondisi lingkungan yang cocok untuk kehidupan makrofauna tanah agar terhindar dari sinar matahari langsung.

Jenis makrofauna tanah yang paling sering ditemukan pada lapisan serasah adalah *Formicidae* 7 (FR = 41.67%), *Formicidae* 3 (FR = 22.22%), *Formicidae* 6 (FR = 19.44%). Lapisan serasah adalah tempat yang paling banyak menyediakan makanan bagi

makrofauna tanah. Dari hasil pengamatan, famili *Formicidae* (semut) adalah famili yang sering ditemukan pada lapisan serasah. Dari pengamatan yang dilakukan, semut merupakan jenis yang lebih tahan terhadap paparan sinar matahari langsung dibanding makrofauna tanah lainnya, sehingga banyak ditemukan pada lapisan serasah yang terkena sinar matahari langsung.

Tabel 6 Frekuensi makrofauna tanah pada tanah maupun serasah

Ordo	Famili	Morfoespies	Frekuensi (%) <sup>1)</sup>	
			Tanah	Serasah
<i>Hymenoptera</i>	<i>Formicidae</i>	<i>Formicidae</i> 1	5.56	2.78
		<i>Formicidae</i> 2	11.11	5.56
		<i>Formicidae</i> 3	16.67	22.22
		<i>Formicidae</i> 4	8.33	5.56
		<i>Formicidae</i> 5	2.78	2.78
		<i>Formicidae</i> 6	13.89	19.44
		<i>Formicidae</i> 7	52.78	41.67
		<i>Formicidae</i> 8	5.56	13.89
		<i>Formicidae</i> 9	5.56	0
<i>Hymenoptera</i>	<i>Argidae</i>	<i>Argidae</i> 1	0	2.78
<i>Isoptera</i>	<i>Rhinotermitidae</i>	<i>Rhinotermitidae</i> 1	25	2.78
		<i>Rhinotermitidae</i> 2	5.56	0
<i>Coleoptera</i>	Famili 1	<i>Coleoptera</i> 1	2.78	0
	Famili 2	<i>Coleoptera</i> 2	2.78	0
	Famili 3	<i>Coleoptera</i> 3	0	2.78
	Famili 4	<i>Coleoptera</i> 4	2.78	0
	<i>Scarabaeidae</i>	<i>Scarabaeidae</i> 1	30.56	0
	<i>Lathridiidae</i>	<i>Melanophthalma</i> sp.	0	2.78
	<i>Staphylinidae</i>	<i>Staphylinidae</i> 1	0	2.78
	<i>Tenebrionidae</i>	<i>Tenebrionidae</i> 1	2.78	0
		<i>Tenebrionidae</i> 2	0	5.56
		<i>Tenebrionidae</i> 3	2.78	2.78
<i>Blattodea</i>	<i>Blattidae</i>	<i>Blattidae</i> 1	0	2.78
		<i>Blattidae</i> 2	5.56	8.33
	<i>Blattellidae</i>	<i>Blattellidae</i> 1	2.78	0
		<i>Blattellidae</i> 2	5.56	0
		<i>Blattellidae</i> 3	2.78	0
		<i>Blattellidae</i> 4	2.78	0
		<i>Cilisticidae</i> 1	22.22	11.11
		<i>Spongiphoridae</i> 1	0	0
<i>Isopoda</i>	<i>Cilisticidae</i>	<i>Spongiphoridae</i> 2	2.78	0
<i>Dermaptera</i>	<i>Spongiphoridae</i>	<i>Coreidae</i> 1	0	5.56
		<i>Hemiptera</i> 1.	2.78	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Coreidae</i>	<i>Gryllidae</i> 1	0	5.56
<i>Orthoptera</i>	<i>Gryllidae</i>	<i>Tetrigidae</i> 1	2.78	0
<i>Lepidoptera</i>	<i>Tetrigidae</i>	<i>Lepidoptera</i> 1	2.78	0
<i>Geophilomorpha</i>	Famili 1	<i>Geophilomorpha</i> 1	8.33	0
<i>Spirobolida</i>	<i>Spirobolidae</i>	<i>Spirobolidae</i> 1	2.78	0
<i>Haplotaxida</i>	<i>Megascolecidae</i>	<i>Pheretima</i> sp. 1	8.33	0
		<i>Pheretima</i> sp. 2	5.56	0
		<i>Megascolecidae</i> 1	27.78	0
		<i>Megascolecidae</i> 2	5.56	2.78
		<i>Limacidae</i> 1	5.56	2.78
		<i>Geoplanidae</i> 1	5.56	0
<i>Tricladida</i>	<i>Limacidae</i>	<i>Araneae</i> 1	5.56	0
<i>Seriata</i>	<i>Geoplanidae</i>	<i>Araneae</i> 2	2.78	0
<i>Araneae</i>	Famili 1	<i>Araneae</i> 3	0	2.78
	Famili 2	<i>Araneae</i> 4	2.78	5.56
	Famili 3	<i>Araneae</i> 5	2.78	0
	Famili 4	<i>Oxyopidae</i> 1	2.78	0
	Famili 5	<i>Oxyopidae</i> 2	5.56	5.56
	<i>Oxyopidae</i>	<i>Lycosidae</i> 1	0	2.78
		<i>Lycosidae</i> 2	5.56	2.78
		<i>Lycosidae</i> 3	0	5.56
		<i>Lycosidae</i> 4	0	2.78
	<i>Lycosidae</i>	<i>Tetragnathidae</i> sp.	2.78	5.56
	<i>Tetragnathidae</i>			

<sup>1)</sup> = makrofauna tanah di 36 plot, ukuran tiap plot (40 cm x 40 cm)

### Hubungan Faktor Lingkungan dengan Keanekaragaman Makrofauna Tanah di *Holcim Educational Forest*

Faktor lingkungan merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam menentukan penyebaran dan kepadatan makrofauna tanah (Rizqiyah 2013). Tabel 7 menunjukkan data hubungan antara faktor lingkungan (suhu tanah, penutupan tajuk) dengan nilai keanekaragaman jenis makrofauna tanah pada semua plot pengamatan. Tegakan campuran memiliki nilai keanekaragaman makrofauna tanah tertinggi, yaitu  $H' = 2.52$ . Kondisi vegetasi yang beragam secara tidak langsung mempengaruhi tingkat keanekaragaman makrofauna tanah melalui penyediaan serasah sebagai pakan yang lebih beragam, sehingga keberagaman makrofauna tanah semakin tinggi (Rizqiyah 2013).

Tabel 7 Hubungan antara keanekaragaman makrofauna tanah dengan faktor lingkungan

Kategori	Faktor lingkungan <sup>1)</sup>		Diversity Index ( $H'$ )
	Suhu tanah (°C)	Penutupan tajuk (%)	
Campuran	25.30	73.79	2.52
Pinus	26.13	60.33	2.42
Karet	26.55	67.29	2.14
Lahan tanpa tegakan	28.51	00.00	0.00

<sup>1)</sup> = nilai rata-rata dari 36 plot.

Nilai keanekaragaman jenis makrofauna tanah cenderung meningkat pada suhu tanah yang lebih rendah dan memiliki persen penutupan tajuk paling rapat. Menurut Sugiyarto *et al.* (2007), populasi makrofauna tanah akan semakin menurun dengan semakin tingginya intensitas cahaya yang masuk. Kondisi penutupan tajuk yang rapat berperan dalam menghasilkan iklim mikro yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman karena dapat menghalangi sinar matahari langsung yang menuju ke lantai tanah (Wulandari 2013).

Menurut Suin (1997), suhu tanah juga merupakan faktor yang penting dalam menentukan keberadaan makrofauna tanah, karena dapat membantu laju dekomposisi bahan organik tanah. Menurut Rahmawaty (2004) dalam Wulandari (2013), kisaran suhu tanah 15-

45 °C merupakan kisaran suhu yang efektif bagi pertumbuhan invertebrata tanah, sehingga kisaran suhu 25.3-28.51 °C dalam plot pengamatan merupakan kisaran suhu yang cocok untuk perkembangan makrofauna tanah. Pada lahan tanpa tegakan, kondisi vegetasi merupakan pembatas utama yang menyebabkan tingkat keanekaragaman jenis makrofauna tanah memiliki nilai 0 karena bahan makanan yang dihasilkan untuk kehidupan makrofauna tanah tidak ada.

### Analisis Warna dan Tekstur Tanah pada setiap Plot Pengamatan

Menurut Hardjowigeno (2003), warna tanah menunjukkan beberapa sifat tanah. Warna gelap menunjukkan kandungan bahan organik yang tinggi, warna merah menunjukkan adanya oksidasi besi bebas, dan warna abu-abu kebiruan menunjukkan adanya reduksi. Tekstur tanah merupakan perbandingan butir-butir pasir (*sand*) (berdiameter 2 mm-50  $\mu$ ), debu (*silt*) (berdiameter 50-2  $\mu$ ), dan liat (*clay*) (berdiameter < 2  $\mu$ ) yang ada didalam fraksi tanah halus (Hardjowigeno 2003). Pada seluruh plot pengamatan, jenis semut merah (*Formicidae* 7), rayap (*Rhinotermitidae* 1), cacing tanah (*Megascolecidae* 1), dan larva Coleoptera (*Scarabaeidae* 1) merupakan jenis yang mendominasi. Kondisi plot pengamatan yang memiliki tekstur tanah *silty clay loam* sampai dengan *clay* merupakan kondisi yang cocok bagi pertumbuhan semut dan cacing tanah. Menurut Wulandari (2013), cacing tanah merupakan jenis makrofauna tanah yang dapat hidup pada semua kelas tekstur tanah, kecuali pada tanah berpasir. Menurut Patang (2000), kondisi tanah liat (*clay*) merupakan tempat yang cocok bagi *Formicidae* untuk membentuk sarang dan berkembang biak.

Aktivitas makrofauna tanah dapat memperbaiki kualitas tanah dengan cara membuat pori-pori dalam tanah, sehingga air mudah meresap dan perakaran tanaman dapat berkembang (Wulandari 2013). Warna tanah yang ditemukan pada seluruh plot pengamatan banyak ditemukan berwarna gelap. Tanah yang berwarna gelap diduga memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Menurut Hardjowigeno (2003), warna tanah yang gelap menunjukkan kandungan bahan organik yang tinggi. Hasil analisis warna dan tekstur tanah pada masing-masing plot pengamatan disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil analisis warna dan tekstur tanah di semua plot pengamatan

Tegakan	Plot	Warna tanah	Tekstur tanah	Taksiran Kandungan (%)		
				<i>Clay</i>	<i>Silt</i>	<i>Sand</i>
Campuran	1	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
	2	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	3	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	4	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	5	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	6	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	7	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	8	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
	9	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
Pinus	1	<i>Strong brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	
	2	<i>Dark brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
	3	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15

Tegakan	Plot	Warna tanah	Tekstur tanah	Taksiran Kandungan (%)		
				<i>Clay</i>	<i>Silt</i>	<i>Sand</i>
Karet	4	<i>Dark brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
	5	<i>Dark brown</i>	<i>Clay- silty clay loam</i>	40	40	20
	6	<i>Strong brown</i>	<i>Clay-silty clay loam</i>	40	50	10
	7	<i>Strong brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	8	<i>Strong brown</i>	<i>Silty clay</i>	45	45	10
	9	<i>Strong brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
	1	<i>Reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	2	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	3	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	4	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	5	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	6	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	7	<i>Dark brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
	8	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	9	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
Tanpa tegakan	1	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	2	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	3	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	4	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	5	<i>Dark reddish brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15
	6	<i>Dark brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
	7	<i>Dark yellowish brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
	8	<i>Dark brown</i>	<i>Clay</i>	65	25	10
	9	<i>Dark brown</i>	<i>Silty clay loam</i>	35	50	15

#### Kandungan Bahan Organik Tanah (BOT) di setiap Plot Pengamatan

Kandungan bahan organik tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan aktivitas fauna tanah, dan menyediakan unsur hara bagi tanaman (Sugiyarto *et al.* 2007). Semakin tinggi kandungan bahan organik tanah, maka jumlah porositas tanah akan semakin tinggi juga (Hardjowigeno 2003), sehingga aktivitas perombakan oleh fauna tanah akan mempengaruhi tata udara dan peresapan air tanah karena jumlah porositas yang semakin tinggi.

Menurut Suin (1997), bahan organik tanah merupakan sumber makanan utama untuk makrofauna tanah, sehingga kandungan bahan organik tanah dapat mempengaruhi keberadaan makrofauna tanah. Hasil analisis bahan organik tanah menunjukkan tegakan campuran memiliki kandungan bahan organik tanah tertinggi, yaitu sebesar 1.09%. Menurut Hanafiah (2007), sumber utama bahan organik tanah berasal dari jaringan organik tanaman, sehingga kondisi vegetasi pada tegakan campuran yang paling rapat dan lebih beragam dapat mempengaruhi nilai kandungan bahan organik tanah menjadi tinggi. Di lain pihak, kelimpahan individu dan keanekaragaman makrofauna tanah yang tinggi dan lebih beragam akan menyebabkan aktivitas perombakan tanah yang lebih tinggi, sehingga akan menyebabkan kandungan BOT menjadi lebih tinggi pula. Kandungan BOT di lahan tanpa tegakan, yaitu sebesar 0.54% hampir sama dengan tegakan pinus, yaitu sebesar 0.55%. Berdasarkan pengamatan pada lahan tanpa tegakan, pihak pengelola HEF sudah memberikan penambahan tanah *top soil*. Pemberian tanah *top soil* diduga merupakan penyebab kandungan bahan organik tanah di lahan tanpa tegakan memiliki nilai yang hampir sama dengan kandungan bahan organik di tegakan

pinus. Perbedaan kandungan bahan organik tanah pada masing-masing tegakan dan lahan tanpa tegakan disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9 Analisis bahan organik tanah di masing-masing tegakan dan lahan tanpa tegakan

Tegakan	Rata-rata C-org (%)
Campuran	1.09
Pinus	0.55
Karet	0.70
Tanpa tegakan	0.54

Secara umum semakin tinggi bahan organik tanah maka semakin tinggi pula keanekaragaman dan jumlah individu makrofauna tanah. Kandungan bahan organik tanah pada tegakan pinus, yaitu sebesar 0.55% lebih rendah daripada tegakan karet, yaitu sebesar 0.70%. Namun, tegakan pinus memiliki jumlah individu dan tingkat keanekaragaman makrofauna tanah yang lebih tinggi dari tegakan karet. Berdasarkan pengamatan, kondisi plot pengamatan di tegakan pinus ditumbuhi tumbuhan bawah yang lebih banyak dari tegakan karet. Tumbuhan bawah dapat memberikan kondisi lingkungan yang cocok bagi kehidupan makrofauna tanah melalui penyediaan makanan dan perlindungan dari sinar matahari langsung. Kondisi tersebut diduga merupakan penyebab nilai kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna di tegakan pinus lebih tinggi dari pada di tegakan karet.

#### Jumlah Individu per Plot Makrofauna Tanah pada Tekstur Tanah yang Berbeda

Tekstur tanah *clay* dan *silty clay loam* merupakan dua kelas tekstur tanah yang ditemukan di plot pengamatan. Jumlah individu per plot makrofauna tanah

pada masing-masing tegakan, lahan tanpa tegakan, dan secara keseluruhan disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10 Jumlah individu per plot makrofauna tanah di plot pengamatan dengan tekstur *clay* dan *silty clay loam*

Tegakan	Jumlah individu per plot <sup>1)</sup>	
	<i>Clay</i>	<i>Silty clay loam</i>
Campuran	17	20
Pinus	26	15
Karet	8	18
Lahan tanpa tegakan	0	0
Keseluruhan <sup>2)</sup>	15	13

<sup>1)</sup> = nilai rata-rata di plot pengamatan dengan tekstur *clay* dan *silty clay loam*, ukuran tiap plot (40 cm x 40 cm), <sup>2)</sup> = gabungan makrofauna tanah yang ditemukan pada tegakan campuran (kaliandra, puspa, gmelina, karet), pinus, karet, dan lahan tanpa tegakan.

Jumlah individu per plot makrofauna tanah di tegakan campuran dan karet lebih banyak ditemukan pada plot pengamatan dengan tekstur tanah *silty clay loam*. Namun, jumlah individu per plot makrofauna tanah di tegakan pinus dan secara keseluruhan lebih banyak ditemukan pada plot pengamatan dengan tekstur tanah *clay*. Hal ini bisa terjadi karena berbagai faktor seperti kondisi lingkungan (intensitas cahaya, suhu) dan kandungan bahan organik tanah yang berbeda pada tiap-tiap plot pengamatan. Dari data yang ada, perbedaan kelas tekstur tanah belum terlihat adanya kecenderungan berpengaruh terhadap jumlah individu per plot makrofauna tanah.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

*Holcim Educational Forest* memiliki komposisi makrofauna tanah yang terdiri dari 15 ordo, 32 famili, 56 morfospecies. Kelimpahan tertinggi ditemukan di tegakan campuran, yaitu sebesar 240 individu dalam sembilan plot pengamatan. Berdasarkan tempat ditemukannya makrofauna tanah, lapisan tanah (0-10 cm) memiliki kelimpahan yang lebih besar daripada yang dijumpai pada lapisan serasah. Secara umum, nilai keanekaragaman jenis makrofauna tanah cenderung meningkat pada suhu tanah yang lebih rendah dan memiliki persen penutupan tajuk paling rapat. Keanekaragaman makrofauna tanah di tegakan campuran lebih tinggi daripada tegakan pinus, karet, dan lahan tanpa tegakan. Kondisi vegetasi yang semakin beragam dan rapat membuat keanekaragaman makrofauna tanah semakin tinggi. Kandungan bahan organik tanah diduga dapat mempengaruhi tingkat keanekaragaman makrofauna tanah. Kandungan bahan organik tanah yang semakin tinggi memiliki kecenderungan meningkatkan tingkat keanekaragaman makrofauna tanah. Makrofauna tanah yang mendominasi di semua tegakan dan lahan tanpa tegakan, yaitu semut merah (*Formicidae* 7), rayap (*Rhinotermitidae* 1), cacing tanah (*Megascolecidae* 1), dan larva Coleoptera (*Scarabaeidae* 1).

### Saran

Keanekaragaman dan kelimpahan makrofauna tanah dapat digunakan untuk menduga kualitas tanah dan keberhasilan revegetasi, sehingga bisa digunakan sebagai parameter dalam mengukur tingkat keberhasilan revegetasi atau tingkat kesuburan tanah. Pengamatan secara periodik terhadap makrofauna tanah perlu dilakukan, sehingga perubahan yang terjadi pada kualitas biotik dan abiotik dapat lebih terlihat pengaruhnya terhadap keberadaan makrofauna tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Borror DJ, Triplehorn CA, Johnson NF. 1996. *Pengenalan Pelajaran Serangga Edisi ke-6*. Partosoedjono S, penerjemah. Yogyakarta (ID): Gajahmada Univ Pr. Terjemahan dari: *An Introduction to the Study of Insect*.
- Buliyansah A. 2005. Penilaian dampak kebakaran terhadap makrofauna tanah dengan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hanafiah KA, Napoleon A, Ghofar N. 2007. *Biologi Tanah*. Jakarta (ID): PT Raja Grafindo Persada.
- Khairuman, Amri K. 2009. *Mengeruk Untung Dari Beternak Cacing*. Jakarta (ID): AgroMedia Jakarta.
- Magurran AE. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. London (ID): Croom Helm Ltd.
- Mohamed M. 1999. *Keys to The Terrestrial Invertebrates*. Sabah (MY): Universiti Malaysia Sabah.
- Hardjowigeno S. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta (ID): Akademika Pressindo.
- Patang F. 2010. Keanekaragaman takson serangga dalam tanah pada areal bekas tambang batu bara PT. Mahakam Sumber Jaya Desa Separi Kutai Kartanegara - Kalimantan Timur. *Bioprospek* 7(1):80-89.
- Rizqiyah W. 2013. Keanekaragaman makrofauna tanah pada berbagai tipe tegakan di Hutan Pendidikan Gunung Walat, Sukabumi, Jawa Barat [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rousseau L, Fonte SJ, Tellez O, Hoek RVD, Lavelle P. 2013. Soil macrofauna as indicator of soil quality and land use impact in smallholder agroecosystems of western nicaragua. *Ecological indicators*. 27(2013):71-82.
- Solihin. 2000. Keanekaragaman binatang tanah pada berbagai tegakan hutan [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sugiyarto, Efendi M, Mahajoeno E, Sugiti Y, Handayanto E, Agustina L. 2007. Preferensi berbagai jenis makrofauna tanah terhadap sisa bahan organik tanaman pada intensitas cahaya yang berbeda. *Biodiversitas*. 7(4):96-100.
- Suin NM. 1997. *Ekologi Hewan Tanah*. Jakarta (ID): Bumi Aksara.



- Vasconcellos RLF, Segat JC, Bonfirm JA, Baretta D, Cardoso EJB. 2013. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering site of different ages. *European Journal of Soil Biology*. 58(2013):105-112.
- Wulandari SD. 2013. Keanekaragaman insekta tanah pada berbagai tipe tegakan Hutan Pendidikan Gunung Walat, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.